



普通高等教育电气电子类工程应用型“十二五”规划教材

传感器检测技术 及工程应用

张勇 王玉昆 赫健 编著 ·····



免费电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育电气电子类工程应用型“十二五”规划教材

传感器检测技术及工程应用

张 勇 王玉昆 赫 健 编著



机械工业出版社

本书全面讲解了传感器和检测技术的基本概念、基本理论,传感器的基本测量电路及传感器的应用,工业检测仪表的基础知识,工业检测系统的设计方法及抗干扰技术,典型工业仪表产品及工业检测系统工程实例等。

本书系统性强,内容简单易懂,重点突出,注重理论与实践的结合,着重培养读者的理论分析能力和工程实践能力。

本书可作为高等学校自动化、电子信息工程、测控技术与仪器、电气工程及其自动化、机电一体化等专业本专科学生、研究生的教材,也可作为相关领域技术人员的参考书。

本书配有电子课件,欢迎选用本书作教材的老师索取,电子邮箱:jinacmp@163.com,或登录 www.cmpedu.com 下载。

图书在版编目(CIP)数据

传感器检测技术及工程应用/张勇,王玉昆,赫健

编著. —北京:机械工业出版社,2015.8

普通高等教育电气工程及其自动化专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-50325-5

I. ①传… II. ①张… ②王… ③赫… III. ①传
感器-检测-高等学校-教材

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 183756 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:吉玲 责任编辑:吉玲 王康 刘丽敏

封面设计:张静 责任校对:陈越

责任印制:康朝琦

北京京丰印刷厂印刷

2015 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·17.25 印张·428 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-50325-5

定价:36.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

前 言

检测技术作为信息技术的一个重要分支,与计算机技术、自动控制技术、通信技术等一起构成了信息技术的完整学科。以传感器为核心的检测系统源源不断地向人类提供宏观和微观世界的各种信息,成为人们认识自然、改造自然的有力工具。传感器与检测技术的应用领域十分广泛,涉及的领域包括:现代工业生产、基础学科研究、产品质量控制、宇宙开发、海洋探测、军事国防、环境保护、资源调查、医学诊断、智能建筑、交通、家用电器、生物工程、商检质检、公共安全,甚至文物保护等。近年来,传感器及检测技术学科发展异常迅速,为了让读者掌握传感器与检测技术的基本概念、基本理论,系统分析设计方法,生产实践中典型的系统集成实例以及当前本学科最新的发展趋势,更主要的是让读者掌握传感器技术应用及检测系统的设计方法,我们编写了本书。

本书可作为自动化、电子信息工程、测控技术与仪器、电气工程及其自动化、机电一体化等专业本专科学生和研究生的教材,也可作为相关领域技术人员的参考书。本书在内容上有如下特点:首先,对于传感器及检测技术的基本概念、基本理论的讲解做到简单易懂、重点突出,在一些重点知识的讲解上力求简单明了、循序渐进,把知识点一一点明,以便于学生学习和理解;其次,书中的应用实例丰富,且所举案例都是从实际工程背景中提炼出来的,具有很强的应用性,有利于读者实践能力的培养。

通过本书的学习,学生可以掌握传感器与检测技术的基本原理、传感器的测量电路、传感器的应用场合和传感器的选型及使用原则、工业仪表的基础知识、工业检测系统的设计方法及抗干扰措施。学生在学习本书后能够建立起完整的传感器及检测技术领域的知识构架和工业检测系统设计的工程意识,为以后从事检测仪表专业工作打下良好基础。此外,在本书每个章节的后面都附有思考题与习题,以加深理解本书内容和巩固学习效果。

本书共13章,第1~3章由张勇编写,第4~8章由赫健编写,第9~13章由王玉昆编写。全书由张勇统稿。

本书部分内容参考了兄弟院校有关传感器与检测技术、过程检测及仪表等方面的教材,编者在此致以谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 传感器与检测技术概述 1

- 1.1 传感器与检测技术 1
- 1.2 传感器与检测技术的历史 2
- 1.3 传感器与检测技术的地位和作用 3
- 1.4 传感器与检测技术的应用领域 3
- 1.5 传感器与检测技术的现状 6
- 1.6 传感器与检测技术的发展方向 7
- 思考题与习题 8

第2章 传感器与检测技术基础

理论 9

- 2.1 传感器的定义及组成 9
 - 2.1.1 传感器的定义 9
 - 2.1.2 传感器的组成 9
- 2.2 传感器的分类 10
- 2.3 传感器的基本特性 11
 - 2.3.1 传感器的静态特性 11
 - 2.3.2 传感器的动态特性 15
- 2.4 传感器的标定 17
 - 2.4.1 传感器的静态标定 17
 - 2.4.2 传感器的动态标定 18
- 2.5 检测技术基本概念 18
 - 2.5.1 检测系统的组成 18
 - 2.5.2 检测系统的类型 20
 - 2.5.3 测量方法的分类 20
 - 2.5.4 测量技术的性能指标 21
- 2.6 检测系统测量误差分析 22
 - 2.6.1 测量误差的概念 22
 - 2.6.2 测量误差的来源 22
 - 2.6.3 测量误差的表示方法 23
 - 2.6.4 测量误差的分类 24
 - 2.6.5 测量误差的处理 24

思考题与习题 27

第3章 电阻应变式传感器 29

- 3.1 电阻应变式传感器简介 29
- 3.2 电阻应变片的工作原理 29
 - 3.2.1 金属的应变效应 29

- 3.2.2 应变片的结构和工作原理 30

- 3.3 电阻应变片的种类 32
- 3.4 电阻应变片的材料 34
- 3.5 应变片的主要参数 35
- 3.6 应变片的误差及补偿 35
- 3.7 测量电路 37
 - 3.7.1 直流电桥 38
 - 3.7.2 交流电桥 41
 - 3.7.3 测量电路设计注意事项 42
- 3.8 应变式传感器的应用 43
 - 3.8.1 测力与称重传感器 43
 - 3.8.2 膜片式压力传感器 45
 - 3.8.3 应变式加速度传感器 46

思考题与习题 47

第4章 温度传感器 49

- 4.1 热电阻 49
 - 4.1.1 热电阻的结构与分类 49
 - 4.1.2 热电阻的测量电路 51
 - 4.1.3 热电阻的应用 52
- 4.2 热敏电阻 53
- 4.3 热电偶 56
 - 4.3.1 热电偶的工作原理 56
 - 4.3.2 热电偶的结构与分类 58
 - 4.3.3 热电偶的基本定律 62
 - 4.3.4 热电偶的冷端温度补偿 63
 - 4.3.5 热电偶的实用测温电路 65
 - 4.3.6 热电偶的应用 67

思考题与习题 67

第5章 电感式传感器 68

- 5.1 自感式传感器 68
 - 5.1.1 工作原理 68
 - 5.1.2 测量电路 72
 - 5.1.3 自感式传感器的应用 74
- 5.2 互感式传感器 74
- 5.3 电涡流式传感器 79

思考题与习题 85

第6章 电容式传感器 86

6.1 工作原理	86	11.1 工业检测系统的设计原则及 方法	174
6.2 测量电路	93	11.1.1 工业检测系统的设计 原则	174
6.3 电容式传感器的应用	98	11.1.2 工业检测系统的设计 方法	175
思考题与习题	99	11.2 工业检测系统的设计步骤	175
第7章 压电式传感器	100	11.3 工业检测系统的抗干扰技术	178
7.1 工作原理	100	11.3.1 检测系统干扰的来源	178
7.2 等效电路	106	11.3.2 干扰的作用途径	179
7.3 测量电路	107	11.3.3 干扰的作用形式	180
7.4 压电式传感器的应用	110	11.3.4 抗干扰技术	181
思考题与习题	112	11.3.5 检测系统干扰解决实例	190
第8章 光电式传感器	113	11.4 检测系统设计实例	191
8.1 基本概述	113	思考题与习题	211
8.2 光纤传感器	118	第12章 工程应用典型仪表 介绍	212
8.3 光电编码器	121	12.1 隔离变送器	212
8.4 计量光栅	126	12.1.1 配电隔离器	213
思考题与习题	130	12.1.2 热电偶温变隔离器	214
第9章 辐射式传感器	131	12.1.3 热电阻温变隔离器	215
9.1 红外传感器	131	12.2 数显表	216
9.2 微波传感器	134	12.3 一体化温度变送器	223
9.3 超声波传感器	137	12.4 涡街流量计	225
思考题与习题	143	12.5 压力/压差测量仪表	229
第10章 工业检测仪表基础知识	144	思考题与习题	235
10.1 工业自动化仪表	144	第13章 检测系统工程案例 分析	236
10.2 信号的联络、传输及转换	146	13.1 烧结余热锅炉传感器及仪表 系统	236
10.2.1 联络信号	146	13.1.1 烧结余热锅炉	236
10.2.2 电信号传输方式	147	13.1.2 检测仪表的布置	237
10.3 工业检测系统常用部件的原理 及结构	149	13.1.3 检测仪表的选型	238
10.3.1 变送器	149	13.1.4 检测仪表的接线	243
10.3.2 配电器	157	13.2 换热站无人值守远程监控系统	246
10.3.3 安全栅	160	13.2.1 换热站运行工艺	246
10.3.4 显示仪表	166	13.2.2 换热站无线远程控制方案	247
10.4 仪表的准确度等级与误差	169	13.2.3 系统功能设计	248
10.4.1 仪表的准确度等级	169	13.2.4 系统配置	249
10.4.2 仪表的误差	169	13.2.5 参数检测硬件电路及软 件程序	251
10.5 仪表的合理选用	171	13.2.6 PLC 信号的无线 GPRS	
10.5.1 合理选择仪表的基本原则 与方法	171		
10.5.2 仪表的正确使用	172		
思考题与习题	173		
第11章 工业检测系统的设计及 抗干扰技术	174		

传输	255	附录 A 铂热电阻分度表	260
13.2.7 系统监控画面	256	附录 B 铜热电阻分度表	266
思考题与习题	259	附录 C 热电偶分度表	267
附录	260	参考文献	270
附录 A 铂热电阻分度表	260		
附录 B 铜热电阻分度表	266		
附录 C 热电偶分度表	267		
参考文献	270		

第 1 章 传感器与检测技术概述

俄国著名科学家门捷列夫说过：“检测是认识自然界的主要手段”，“科学是从测量开始的”。钱学森院士指出：“新技术革命的关键技术是信息技术。信息技术由测量技术、计算机技术、通信技术三部分组成。测量技术是关键和基础。”王大珩院士说过：“能不能创造高水平的科学仪器和设备体现了一个民族、一个国家的创新能力。发展科学仪器设备应当视为国家战略。”英国著名科学家 H. Pavy 曾经明确指出：“发展一种好的仪器对于一门科学的贡献超过任何其他事情”。“没有传感器就没有现代科学技术”的观点已为全世界所公认。以传感器为核心的检测系统就像神经和感官一样，源源不断地向人类提供宏观与微观世界的种种信息，成为人们认识自然、改造自然的有利工具。既然科学家们对传感器及检测技术如此重视，那么什么是传感器与检测技术、它们的作用和地位、它们的历史、具体的应用场合、发展现状及发展趋势是什么样的，学习完本章的内容后读者将会对传感器及检测技术这门学科建立一个初步的认识。

1.1 传感器与检测技术

世界是由物质组成的,各种事物都是物质的不同形态。人们为了从外界获取信息,必须借助于感觉器官。人的“感官”——眼、耳、鼻、舌、皮肤分别具有视、听、嗅、味、触觉等直接感受周围事物变化的功能,人的大脑对“感官”感受到的信息进行加工、处理,大脑把处理结果传递给肌体,从而调节人的行为活动。人体感知并响应外界信息的过程如图 1-1 所示。

人们在研究自然现象、规律以及生产活动中,有时需要对某一事物的存在与否做定性了解,有时需要进行大量的实验测量以确定对象的量值,所以单靠人自身的感觉器官是远远不够的,需要借助某种仪器设备来完成,这种仪器设备就是传感器。传感器是人类“感官”的延伸,是信息采集系统的首要部件,又称之为电感官。传感器 (Sensor) 是一种检测装置,能感受被测量的信息,并能将感受到的信息,按一定规律变换成为电信号或其他形式的信息输出,以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。如果用机器完成人的工作,则计算机相当于人的大脑,执行机构相当于人的肌体,传感器相当于人的感官,而机器中传递电信号的电缆则对应于人的神经。人体与机器感知并处理外界信息的过程十分相似,如图 1-2 所示。

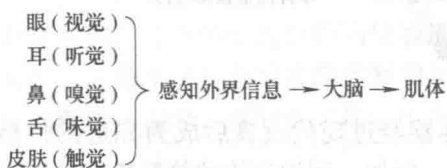


图 1-1 人体感知并响应外界信息的过程

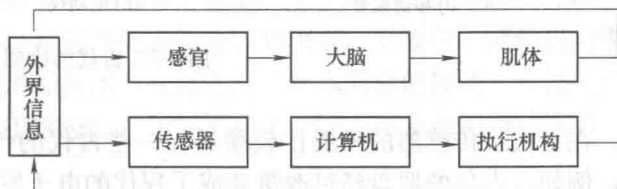
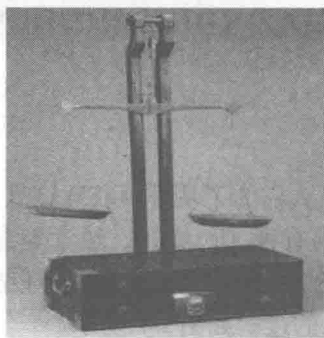


图 1-2 人体与机器感知并处理外界信息的过程

检测技术是科学实验和工业生产活动中对信息进行获取、传递、处理等一系列技术的总称，是自动化技术的四个支柱之一。从信息科学角度考察，检测技术的任务有：寻找与自然信息具有对应关系的种种表现形式的信号，确定二者间的定性和定量关系；从反映某一信息的多种信号表现中挑选出在所处条件下最为合适的表现形式，寻求最佳的采集、变换、处理、传输、存储、显示等的方法和相应的设备。检测系统离不开传感器，传感器与检测技术之间存在着无法割裂的联系，在研究传感器的同时必须研究检测技术。

1.2 传感器与检测技术的历史

今天，传感器已经成为测量仪器、智能化仪表、自动控制系统等装置中必不可少的感知元件。然而传感器的历史远比近代科学来的古老，人类很早就已经开始利用传感器解决很多实际的生产生活问题。例如古埃及王朝时期人们已经开始使用“天平”，并一直沿用到现在；我国古代使用的日晷、多级漏壶等计时传感器和司南、指南车等指示方向的传感器。地动仪和杆秤也都是传感器并一直沿用到现在。古代的检测仪器如图 1-3 所示。



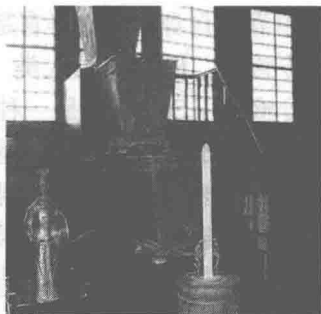
a) 天平



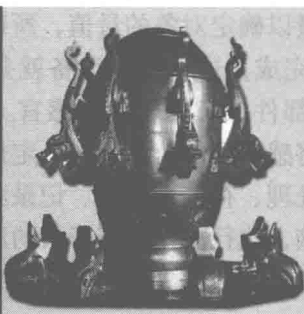
b) 司南



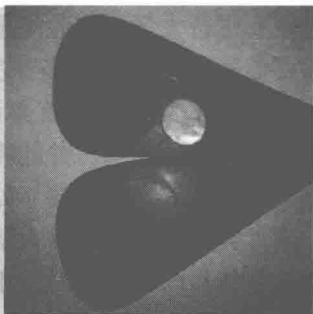
c) 日晷



d) 多级漏壶



e) 地动仪



f) 古代金银称量器

图 1-3 古代的检测仪器

在古代，传感器的发展比较缓慢，一些古代的传感器经过现代改良后成为先进的传感器。例如，古代的罗盘经过改进变成了现代的电子罗盘；例如，利用液体的热胀冷缩特性进行温度测量在 16 世纪前后就实现了，而真正把温度变成电信号的传感器是 1821 年由德国物理学家赛贝发明的，这就是后来的热电偶传感器。在人类文明史的历次产业革命中，感受、

处理外部信息的传感技术一直扮演着重要的角色。在18世纪产业革命以前,传感技术由人的感官实现:人观天象而仕农耕,察火色以冶铜铁。从18世纪产业革命以来,特别是在20世纪信息革命中,传感技术越来越多地由人造感官,即传感器来实现。

1.3 传感器与检测技术的地位和作用

随着科技的不断发展,人类已经进入信息化时代。信息技术正在推动人类社会快速向前发展,传感器是在物理环境或人类社会中获得信息的基本工具,是检测系统的首要环节和信息技术的源头;传感器技术与通信技术、计算机技术构成信息科学技术的三大支柱,是当代科学技术发展的重要标志。

人类对于自然的认识很大程度上取决于信息的获取,而信息获取的主要手段就是依靠传感器和检测技术。无论是日常生活,还是工程、医学、科学实验等都与传感器与检测技术有着密切的关系。例如,在工业生产中,为了正确地指导生产操作,保证生产安全、产品质量和实现生产过程的自动化,一项必不可少的工作就是准确而及时地检测出生产过程中的有关参数。在科学技术发展中,新的发明和突破也是以实验测试为基础的,1916年爱因斯坦提出了广义相对论,由于当时不具备验证的条件,在将近50年的时间内这一理论没有得到快速发展,后来天文学上的很多发现和许多精确的检测技术对这个理论进行了成功的验证,才使广义相对论重新得到重视和发展,这一事实充分说明了科学和检测之间的密切关系。

传感器与计算机、通信和自动控制技术等一起构成一条信息获取、处理、传输和决策应用的完整信息链。传感器技术和检测技术是人们获取信息的主要手段和途径,在信息技术领域具有十分重要的基础性地位和作用。

1.4 传感器与检测技术的应用领域

传感器与检测技术的应用领域十分广泛,目前其涉及的领域包括:现代工业生产、基础科学研究、产品质量控制、航空航天、海洋探测、军事国防、环境保护、资源调查、医学诊断、智能建筑、交通、家用电器、生物工程、商检质检、公共安全、甚至文物保护等。

1. 现代工业生产

在现代工业生产中,几乎所有参数的获取都依赖传感器与检测技术。在电力、石油化工、钢铁冶金等流程工业中,为了保证生产过程的正常进行,保证产品的质量合格,必须对生产过程中的重要工艺参数进行实时检测与优化控制。一条工业生产线通常要布置检测温度、压力、流量、液位、成分等物理和化学参量的传感器及其配套的检测和控制仪表。

例如,在自来水处理厂,通常要检测源水的液位、流量、压力、浊度、碱度、pH值等众多参数,这些参数经由检测仪表进入计算机系统进行分析 and 决策,对液位、流量进行调节控制,对源水进行混凝投药控制和加氯消毒控制,从而完成对出水质量的控制,保证生活用水的健康、安全。同时为了保证生产的正常进行,还需要对生产线上设备的运行状态进行实时监测。

2. 基础科学研究

人类对宇宙探索的深度和广度在不断地拓展,在这一过程中,传感器与检测技术的作用

功不可没,超高温、超高压、超低温、超真空、超强磁场的检测都离不开传感器与检测技术。

3. 航空航天

现代航空航天技术离不开传感器与检测技术,飞行的速度、加速度、位置、姿态、温度、气压、磁场、振动是航空航天技术中需要检测的重要参量。“阿波罗 10”飞船需要对 3295 个参数进行检测。使用的传感器中,温度传感器 559 个、压力传感器 140 个、信号传感器 501 个、遥控传感器 142 个。我国的神舟飞船携带有 200 余套仪器装置,对几千个参数进行检测。专家说:整个宇宙飞船就是高性能传感器的集合体。图 1-4 所示的嫦娥 1 号运行系统中同样包含了大量的传感器,没有这些传感器整个系统将无法正常运行。

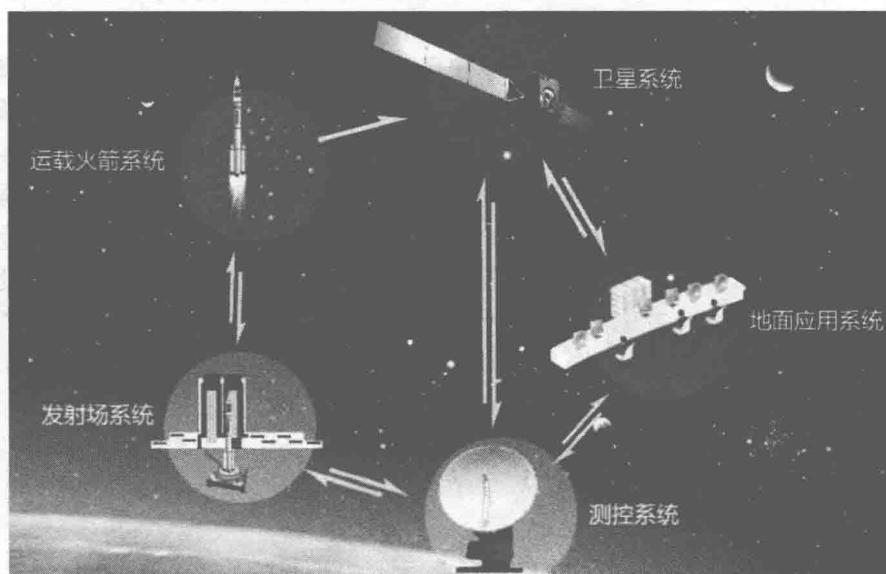


图 1-4 嫦娥 1 号运行系统

4. 军事上的应用

军事因素是推动科技向前发展的一个十分重要的因素,很多先进的技术都是最先在各种武器装备上进行应用,然后才转移到商用和民用领域。Internet 技术和 GPS 导航技术都是首先在军事上进行应用的。美国的国家导弹防御系统 (NMD) (见图 1-5) 是一个极其先进的检测、感知系统和武器控制系统,它的成功离不开传感器与检测技术和自动控制技术。

NMD 由预警卫星、改进的预警雷达、地基雷达、地基拦截导弹和作战管理指挥控制通信系统五部分组成,由监测装置探测和发现敌人导弹的发射并追踪导弹的飞行轨道并由控制系统操纵拦截



图 1-5 美国的国家导弹防御系统示意图

截器进行拦截。整个系统的传感器数量比宇宙飞船系统更为庞大,技术性能更为先进。

5. 汽车工业

衡量现代汽车控制系统水平的关键在于其传感器系统,ABS、BED、ESP、安全气囊等关系到汽车安全的关键配置能够发挥其作用都离不开传感器技术。一辆普通轿车上大约安装有几十到近百个传感器,而豪华轿车上的传感器能达到200多个。汽车传感器布置图如图1-6所示。

发动机系统的传感器:向发动机的电子控制单元(ECU)提供发动机的工作状况信息,对发动机工作状况进行精确控制。检测的主要参数有温度、压力、位置、转速、流量、气体浓度和爆燃等。

底盘系统的传感器:控制变速器系统、悬架系统、动力转向系统、制动防抱死系统等。检测的主要参数有车速、踏板、加速度、节气门、发动机转速、水温、油温等。

车身系统的传感器:提高汽车的安全性、可靠性和舒适性等。检测的主要参数有温度、湿度、风量、日照、加速度、车速、距离、图像等。

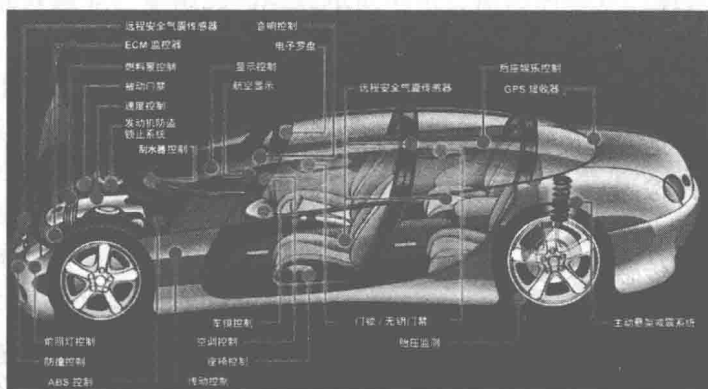


图 1-6 汽车传感器布置图

6. 智能建筑

目前,智能建筑技术的发展十分迅速,智能建筑技术的应用能够极大提高居住的安全性和舒适性。智能建筑包括三大基本要素:楼宇自动化系统(Building Automation System, BAS)、通信自动化系统(Communication Automation System, CAS)和办公自动化系统(Office Automation System, OAS)。三大系统的功能主要包括:

(1) 控制功能

控制管理各种机电设备:空调制冷、给水排水、变配电系统、照明系统、电梯等。实现以上功能使用的传感器有温度传感器、湿度传感器、液位传感器、流量传感器、压差传感器、空气压力传感器等。

(2) 安全功能

担负着防盗、防火、防煤气泄漏的安全职责。实现以上功能使用的传感器有 CCD (电子眼) 监视器、烟雾传感器、气体传感器、红外传感器、玻璃破碎传感器等。

(3) 管理功能

水、电、气、热量通过传感器实现远程自动化抄表。

楼宇自动化相关产品如图 1-7 所示。



图 1-7 楼宇自动化相关产品

7. 现代家用电器

目前,家用电器的功能越来越齐全、信息化水平越来越高,其功能的提升很大程度上依赖于各种传感器。现在,几乎所有的家用电器上都可以找到某种传感器。例如:

数码相机、数码摄像机:自动对焦——红外测距传感器;

自动感应灯:亮度检测——光敏电阻;

空调、冰箱、电饭煲:温度检测——热敏电阻、热电偶;

电话、送话器:话音转换——驻极电容传感器;

遥控接收:红外检测——光敏二极管、光敏晶体管;

全自动洗衣机:水位、浊度、重量传感器

抽油烟机:气敏传感器。

8. 医疗领域中的应用

现代医疗技术的提高,很大程度上依赖于先进的药品和先进的医疗检测设备。用各种医疗检测仪器可提高诊断速度和检查的准确性,有利于对症治疗。比如大家体检中接触的心电图检查、B 超检查、CT 检查、抽血化验等都需要通过检测仪器来实现,这些检测仪器能及时准确地反应身体指标以便及时发现病情。

1.5 传感器与检测技术的现状

传感器与检测技术,是促进现代科技发展的重要因素之一,因此世界各国都将其作为发展的一个重要领域。随着工业自动化水平的提高,传感器的需求量持续增长,应用越来越广泛。

2014 年工业和信息化部电子科学技术情报所发布了《中国传感器产业发展白皮书(2014)》。白皮书显示,2009~2013 年,国内传感器市场年均增长速度超过 20%,2014 年市场规模有望超过 860 亿元。据预测,未来 5 年我国传感器市场将稳步快速发展,平均销售增长率将达到 30% 以上。

近年来,全球传感器市场一直保持快速增长,据高工产业研究院预测,未来几年全球传感器市场将保持 20% 以上的增长速度,2015 年市场规模将突破 1500 亿美元。目前,从全球总体情况看,美国、日本等少数经济发达国家占据了传感器市场 70% 以上份额,发展中国家所占份额相对较少。其中,市场规模最大的 3 个国家分别是美国、日本和德国,分别占据

了传感器整体市场份额的 29.0%、19.5%、11.3%。未来,随着中国、印度、巴西等发展中国家经济的持续增长,对传感器的需求也将大幅增加;但发达国家在传感器领域具有技术和品牌等优势,这种优势在未来几年内仍将保持。因此,全球传感器市场分布状况并不会得到明显的改变。

目前,西方发达国家非常重视对传感器和检测技术的开发,21 世纪初,美国空军列出的提高空军能力的 15 项关键技术中,传感器技术排第 2 位。美国国家安全的 22 项重要技术中有 6 项与传感器和检测技术直接相关。日本把传感器技术与计算机、通信、激光、半导体、超导并列为 6 大核心技术,20 世纪 90 年代的 70 个重点科研项目中,有 18 项是与传感器技术密切相关的。德国和俄罗斯将军用传感器技术作为优先发展的技术,英国和法国也非常重视传感器产品的开发。国外传感器企业也非常重视传感器技术的更新,例如,美国霍尼韦尔公司的固态传感器发展中心,每年投入大量的研发资金,且每三年便会更新其中的大部分设备。此外,国外公司还非常重视对传感器制作工艺的研究,通过新工艺、新方法实现传感器技术的突破。目前国外重要的传感器公司有日本的基恩士、神士、山武、竹中、横河和欧姆龙;美国的邦纳和霍尼韦尔;德国的施克、图尔克和西门子以及法国的施耐德等。

我国从 20 世纪 60 年代开始传感器技术的系统研究,经过“六五”到“九五”的国家攻关,形成了一定规模的产业格局。在国家“大力发展传感器的开发和在国民经济中的普遍应用”等一系列政策导向和资金的支持下,我国的传感器技术及产业近年来取得了较快的发展。虽然我国的传感器技术比过去有了很大提高,但从总体上看,与发达国家相比还有很大差距。主要体现在:

1) 品种不全、生产工艺和装备落后。

2) 拥有自主知识产权的成果少,专业技术人才匮乏,产业发展后劲不足。很多企业或生产低端传感器,或直接代理国外知名产品,而大多科研院所多以理论研究为主,对生产工艺的研究很少,很难进行产业化生产。

3) 投资力度不够,研发周期长。

在我国“十一五”规划中国家提出了“自主立国”、“自主创新”的战略导向,倡导引进国外先进技术进行充分消化吸收并再创新,以促进我国传感器技术的快速发展。

目前国内知名的传感器厂家有川仪、柯立、博达、中原电测等。

1.6 传感器与检测技术的发展方向

1. 传感器技术

传感器技术的发展方向如下:

(1) 高精度

随着工业自动化程度的提高,对传感器的要求也不断提高,研究高精度的新型传感器将提高生产自动化的可靠性。

(2) 高可靠性、宽温度范围

传感器的可靠性直接影响到检测设备的可靠性,研究高可靠性、宽温度范围的传感器将是永久的方向。许多新兴材料(如陶瓷、纳米材料)将很有前途。

(3) 微型化

各种控制设备的功能越来越强,要求各个部件的体积越小越好,这就要求发展新的材料和加工技术。传感器微型化可以使得其功能更加强大,控制更加集中,而且可以减少能源消耗。许多新材料的开发和新工艺的采用可以使这个趋势更加明显。

(4) 低功耗和无源化

传感器一般都是实现非电量向电量的转化,工作时离不开电源。在野外场地或者离开电网的地方,往往就是电池供电或者太阳能供电。开发微功率传感器和无源传感器是必然的方向。这样既可以节省能源又可以提高系统寿命。目前低功耗的芯片发展很快,许多厂商研发的新型芯片功耗是普通传感器的十分之一到五分之一。

(5) 智能化、数字化

随着现代化的发展,传感器的功能已经突破传统,其输出已经不再是单一的模拟信号,而是经过处理之后的数字信号,有的甚至带有控制功能,这就是所说的数字传感器。

(6) 网络化

网络化发展是传感器发展的一个重要方向,网络的作用和优势正在逐步凸现出来。网络传感器势必将促进电子科技的发展。

2. 检测技术

科学技术的迅猛发展,对检测技术提出了更高的要求,同时,又为检测技术的发展创造了条件,检测技术的发展趋势主要体现在以下几个方面:

- 1) 不断提高检测系统的测量精度和量程、延长使用寿命、提高可靠性等。
- 2) 应用新技术和新的物理效应,扩大检测领域。
- 3) 采用微型计算机技术,使检测技术智能化。
- 4) 不断研究和发展微电子技术、微型计算机技术、现场总线技术与仪器仪表和传感器相结合的多功能融合技术,形成智能化测试系统,使测量精度、自动化水平进一步提高。
- 5) 参数测量和数据处理的高度自动化。
- 6) 重视非接触式检测和在线检测技术的研究,实现检测方式的多样化。

思考题与习题

1. 请思考自己身边常见的传感器和检测系统有哪些?
2. 传感器和检测技术的重要性是如何体现出来的?
3. 传感器的应用方向有哪些?
4. 传感器和检测技术应该如何向前发展?

第2章 传感器与检测技术基础理论

2.1 传感器的定义及组成

2.1.1 传感器的定义

传感器 (Sensor) 也称变换器 (Transducer), 是将非电量 (物理量、化学量) 按一定规律转换成便于测量、传输和控制的电量或另一种非电量的元件或装置。它是利用物理、化学学科的某些效应 (如热电效应、压电效应、霍尔效应)、守恒原理 (如动量守恒原理、电荷量守恒原理)、物理定律 (如欧姆定律、胡克定律) 及材料特性按一定工艺实现的。

我国的国家标准 (GB/T 7665—2005) 对传感器给出的定义为: 传感器是能够感受规定的被测量并按一定规律转换成可用输出信号的器件和装置, 通常由敏感元件和转换元件组成。

2.1.2 传感器的组成

一个功能完备的传感器除了敏感元件和转换元件, 还需要配备必要的信号调理与转换电路以及辅助供电电源。敏感元件是能直接感受被测信息 (通常为非电量) 的元件; 转换元件则是能将敏感元件感受的信息转换为电信号的部分; 信号调理和转换电路是将来自转换元件的微弱信号转换成便于测量和传输的较大的信号。传感器的典型结构如图 2-1 所示。

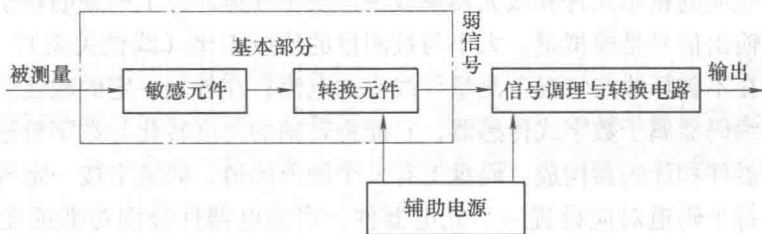


图 2-1 传感器典型结构示意图

其各部分的作用如下:

(1) 敏感元件

敏感元件直接与被测对象接触, 将被测量 (非电量) 预先变换为另一种非电量。如应变式压力传感器中的弹性膜片是敏感元件, 作用是将压力转换成弹性膜片的形变。

(2) 转换元件

又称作变换元件, 是将敏感元件的输出量转换成电信号的部分。一般情况下, 转换元件不直接感受被测量。如应变式压力传感器中的应变片就是转换元件, 作用是将弹性膜片的形变转换成电阻值的变化。

值得注意的是,并不是所有的传感器都必须含有敏感元件和转换元件。如热电偶、热电阻、压电传感器、光电传感器等都是敏感元件和转换元件合二为一的传感器,它们的敏感元件直接输出电信号。

(3) 信号调理与转换电路

信号调理与转换电路也可称为二次仪表,作用是将转换元件输出的电信号放大,转变成易于处理、显示和记录的信号。信号调理与转换电路的类型需要根据传感器的类型来确定,通常采用的有交直流电桥、放大器电路和振荡器电路等。

(4) 辅助电源

辅助电源的作用是为传感器提供能源。需要接外部电源的传感器称为无源传感器,不需要外部电源的传感器称为有源传感器。如电阻、电感和电容式传感器就是无源传感器,工作时需要外部电源供电,而热电式、压电式传感器就是有源传感器,工作时不需要外部电源供电。

实际上,传感器的组成方式因被测量、转换原理、使用环境及性能指标要求等具体情况不同而有很大差异。

2.2 传感器的分类

传感器的种类繁多,不胜枚举。为了研究和使用方便,通常有四种分类方法。

1. 按输入量分类,以被测物理量命名

如位移传感器、速度传感器、压力传感器、温度传感器等。

2. 按输出信号形式分类,以模拟量输出的为模拟式传感器,以数字量输出的为数字式传感器

将具有霍尔效应的霍尔元件和放大器集成在一块半导体芯片上构成的霍尔传感器属于模拟式传感器,其输出信号是模拟量,大小与被测量的值成正比(线性关系)。利用它可以测量磁感应强度;在不破坏线路情况下测量导线中的电流;在外加一定的磁装置基础上测量物体的位移等。而编码器属于数字式传感器,它能将转轴的角度转化为数字量输出。编码器主要由码盘、光电器件和译码器构成。码盘上有 n 个圆形码道,码道上按一定规律分布着透光区和不透光区;每个码道对应设置一个光电器件,当光电器件分别对准透光区和不透光区时,输出开关信号(高或低电平)。因此码盘转到任何位置,这些光电器件都会输出与该位置相对应的 n 位二进制码,再由译码器将 n 位二进制码转化为二进制码输出。

3. 按工作原理分类,以工作原理命名

如应变式传感器、电容式传感器、电感式传感器、热释电传感器、压电式传感器、光电传感器等。

4. 按能量关系分类,分为能量转换型传感器和能量控制型传感器

辐射式红外传感器属于能量转换型传感器,它将被测红外能量转化为电能;热电偶也属于能量转换型传感器,它将热能转换为电能。这两种传感器均可用于测温。而测量微位移的光纤传感器属于能量控制型传感器,其出射光纤输出的光能受距离 X 的控制, X 越大,输出的光能越少。